

KAJIAN PENGARUH HUBUNGAN ANTAR PARAMETER HIDROLIS TERHADAP SIFAT ALIRAN MELEWATI PELIMPAH BULAT DAN SETENGAH LINGKARAN PADA SALURAN TERBUKA

Alex Binilang

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Gambaran tentang karakteristik suatu aliran yang melewati bangunan-bangunan air seperti pelimpah pada bendung, saluran irigasi ataupun bangunan air lainnya menjadi sangat diperlukan untuk kebutuhan perencanaan.

Setiap kondisi aliran dibagian hilir bangunan memiliki karakteristik yang berbeda antara kondisi aliran loncat, peralihan, dan tenggelam.

Dari hasil penelitian diperoleh gambaran karakteristik aliran melalui beberapa parameter hidrolis, juga hubungan pengaruh antar parameter sebagai berikut:

- 1. Sifat aliran air di atas ambang dan pada bagian hilir ambang adalah Super Kritis ($F > 1$) untuk kondisi air loncat, sedangkan aliran pada kondisi tenggelam menjadi sama dengan aliran sebelum ambang atau bagian hulu yang bersifat subkritis ($F < 1$).*
- 2. Besarnya bilangan Froude aliran pada ambang bulat mencapai angka terbesar rata-rata berkisar 2,0 s/d 3,4 lebih besar dibandingkan dengan type ambang setengah lingkaran.*
- 3. Setiap kenaikan debit aliran (Q) diikuti dengan kenaikan tinggi muka air sebelah hulu ambang dan kenaikan kecepatan aliran dan koefisien debit.*
- 4. Perubahan tinggi muka air sebelah hilir ambang terhadap tinggi muka air sebelah hulu ambang relatif tidak terjadi, kecuali pada saat kondisi aliran mencapai kondisi tenggelam.*

Penelitian lebih lanjut tentang karakteristi pada kondisi ai loncat menjadi penting pada bangunan dengan tambahan kolam olak dan lantai muka

Kata kunci: debit, sub-kritis/superkritis, profil aliran, ambang saluran

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karakteristik aliran yang melewati pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan perencanaan bangunan-bangunan air seperti bendungan, atau bangunan air yang lain maka perihal karakteristik sebagaimana tersebut di atas menjadi sangat penting. Hal ini akan menentukan type bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya.

Pengkajian tentang hal dimaksud dapat dilakukan melalui suatu penelitian terhadap aliran melalui saluran terbuka berukuran kecil yang melewati suatu pelimpah, dalam hal ini dilakukan melalui dua model bangunan pelimpah yakni bulat dan setanga lingkaran.

Melalui hasil penelitian tentang fenomena aliran, maka menjadi suatu langkah awal untuk mengembangkannya secara lebih lanjut terhadap bangunan-bangunan yang bersifat prototype yang dapat merupakan langkah aktual bagi

upaya perencanaan, dimana parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut dapat diterapkan dalam perencanaan di lapangan. Hal ini tentunya membutuhkan upaya yang detail dan ditunjang dengan peralatan yang cukup

Perumusan masalah

Sifat suatu aliran yang melewati (sebelum, sedang, dan sesudah) bangunan pelimpah memiliki kecenderungan tersendiri sesuai jenis dan bentuk bangunan pelimpah itu sendiri.

Perbedaan-perbedaan yang terjadi tentu saja membutuhkan pengkajian untuk mendapatkan pemahaman terhadap antara lain hubungan antara masing-masing parameter, serta sifat dari profil aliran, agar tidak terjadi kesalahan dalam perencanaan.

Dalam penelitian ini hanya akan dibatasi pada aliran yang melalui suatu ambang bulat dan setengah lingkaran yang menggambarkan suatu kecenderungan karakteristik aliran melalui bendungan.

Tujuan Penelitian

Yang menjadi tujuan penelitian ini adalah mengkaji:

1. Mengkaji sifat aliran sebelum dan sesudah melewati ambang, serta perbedaannya akibat bentuk ambang.
2. Mengkaji profil aliran sebelum, sedang, dan sesudah melewati ambang
3. Mengkaji hubungan parameter Debit (Q), Kecepatan (V), dan Koefisien debit (C_d).
4. Mengkaji karakteristik energy aliran melalui ambang.

Manfaat Penelitian

Manfaat Umum:

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini akan dijadikan sebagai suatu acuan dalam mengembangkan perencanaan dan pengujian terhadap bangunan air antara lain suatu bendung untuk keperluan sistem irigasi ataupun pengendalian banjir.

Manfaat Khusus:

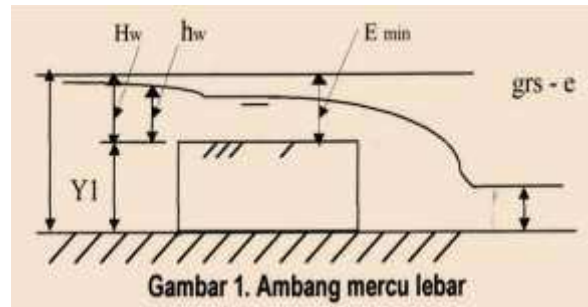
Akan diperoleh informasi yang bersifat pengetahuan guna peningkatan kompetensi di bidang ilmu Irigasi dan bangunan Air bagi mahasiswa Progran Studi Teknik Sipil S1, yang implikasinya diharapkan adanya jumlah kelulusan dan mutu indeks prestasi kumulatif yang meningkat pula.

TINJAUAN UMUM TEORITIS ALIRAN MELALUI SEKAT/AMBANG

Bangunan jenis sekat/ambang banyak digunakan dalam saluran terbuka berfungsi untuk mengendalikan tinggi muka air di hulu serta mengukur debit aliran. Untuk kepentingan kedua hal tersebut di atas, maka sekat/ambang bertindak sebagai rintangan yang membantu menciptakan kondisi energi minimum dalam suatu aliran lambat. Pada saat banjir sekat/ambang yang berada dalam suatu saluran berhenti berfungsi sebagai bangunan pengendali, dimana muka air sebelah hilir meninggi dan menenggelamkan ambang/sekat tersebut.

Perubahan geometri aliran yang menyebabkan tidak dicapainya kondisi energi minimum dinyatakan melalui perbandingan antara kedalaman di hilir dan di hulu.

Pada Gambar 1 digambarkan suatu profil ambang bermercu lebar, yang ujung hulunya melengkung.



Bila suatu ambang bermercu lebar bekerja sebagai suatu pengendali maka debit aliran dapat diperkirakan melalui rumus 1 (dengan asumsi bahwa aliran paralel, tidak kental, dan melalui saluran 4-persegi panjang) sebagai:

$$H_w \approx E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \left[\frac{Q^2}{gb^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(1)$$

dimana : y_c = kedalaman kritis aliran
 g = kecepatan gravitasi
 b = lebar saluran
 Q = Debit aliran

Dalam praktek asumsi aliran adalah paralel dan distribusi tekanan hidrostatik di atas bendung lebar tidak berlaku. Kedalaman tidak sama dengan kedalaman kritis walaupun terjadi kondisi energi minimum, karena semua batasan aliran di sebelah hilir telah dihilangkan. Perbedaan-perbedaan lainnya timbul akibat kehilangan energi yang terjadi akibat tegangan kekentalan serta akibat E_{\min} diganti oleh h_w . Semua perbedaan ini dikumpulkan dalam suatu koefisien C_w , yakni:

$$C_w = Q / \left[\frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \right] b h_w^{3/2} \dots\dots\dots(2)$$

C_w adalah fungsi dari H_w , bentuk ujung hulu bendung, dan kekasaran puncak bendung. Untuk sekat/ambang prototype, maka C_w berkisar antara $0,95 < C_w = 1$, bilamana: $0,2 < H_w / L < 0,6$.

Debit aliran (Q), dihitung dari hasil penangkapan sejumlah volume air pada selang waktu tertentu untuk mendapatkan Q rata-rata pada setiap bukaan pelepas aliran.

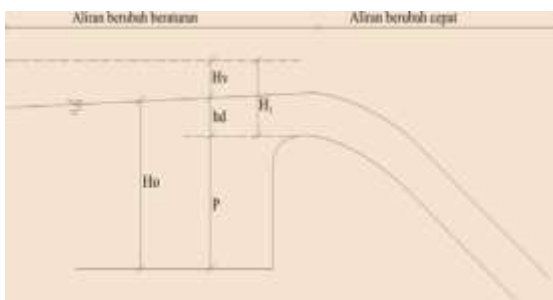
Aliran Melalui Pelimpah Bendung

Bangunan pelimpah adalah bangunan untuk melimpahkan air dari bendung ke permukaan air yang lebih rendah dan untuk menyediakan kapasitas yang dibutuhkan, biasanya banjir rancangan pelimpah (*spillway design flood*) pada elevasi tertentu dari suatu bendung. Aliran melalui pelimpah merupakan aliran tidak

seragam (*non uniform flow*) dengan perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek sehingga disebut sebagai aliran berubah cepat. Aliran sebelum sampai pada pelimpah juga mengalami perubahan aliran, tetapi terjadi pada jarak yang panjang sehingga disebut sebagai aliran berubah beraturan.

Aliran tidak seragam dapat dibedakan dalam dua kelompok berikut ini :

- Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), dimana parameter hidrolis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke ampang yang lain. Kecepatan aliran disepanjang saluran dapat dipercepat atau diperlambat yang tergantung pada kondisi saluran. Apabila di ujung hilir saluran terdapat bendung maka akan terjadi profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat). Sedang apabila terdapat terjunan maka profil aliran akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat). Aliran di dalam sungai biasanya termasuk dalam tipe ini.
- Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), dimana parameter hidrolis berubah secara mendadak dan kadang-kadang juga tidak kontinyu (*discontinue*). Contoh dari aliran ini adalah perubahan tampang mendadak (saluran transisi), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air dan sebagainya. Kehilangan tenaga karena gesekan adalah kecil (jarak pendek) dibanding dengan kehilangan tenaga karena turbulensi.



Gambar 2. Skema peluapan air melalui pelimpah

Pelimpah harus dapat mengalirkan debit banjir yang direncanakan, mengingat fungsi dari pelimpah adalah sebagai bangunan kontrol muka air pada suatu bendung.

Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan untuk menganalisis aliran air melalui pelimpah bendung:

- Debit pelimpah (Q):

$$Q = Cd \cdot Be \cdot H^{1.5}$$

dengan :

Q = debit banjir rencana (m^3/det)

Cd = koefisien debit

Be = lebar efektif pelimpah (m)

H_1 = total tinggi tekan (m)

- Kecepatan diatas mercu pelimpah (v):

$$v = Q/Ho \cdot Be$$

dengan :

v = kecepatan aliran diatas mercu pelimpah (m/det)

Q = debit banjir rencana (m^3/det)

Be = lebar efektif pelimpah (m)

Ho = kedalaman aliran (m)

- Dalam pengaliran dengan muka air bebas, penentuan kondisi aliran didasarkan pada nilai angka Froude (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gH}}$$

dengan :

Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

H = kedalaman aliran (m)

Aliran dikatakan subkritis apabila mempunyai nilai $Fr < 1$, kritis apabila $Fr = 1$ dan superkritis apabila $Fr > 1$.

ALIRAN DI ATAS SEKAT MERCU BULAT

Mercu bulat adalah bentuk mercu yang banyak dan lazim digunakan di Indonesia, karena banyak memberikan keuntungan. Bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir, dan harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung *streamline* dan tegangan negatif pada mercu. Keuntungan lainnya antara lain:

- bentuk sederhana sehingga mudah dalam perencanaan.
- mempunyai bentuk mercu yang besar, sehingga tahan terhadap benturan batu gelundung, bongkahan dan sebagainya.
- tahan akibat goresan atau abrasi, karena mercu bendung diperkuat dengan batu candi atau beton bertulang.

Mercu bendung tipe bulat untuk bendung pelimpah dapat di lihat pada Gambar 3 berikut ini :

METODOLOGI

Tempat dan waktu :

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Unsrat, selama 6 (enam) bulan.

Bahan dan alat :

- Saluran terbuka ukuran kecil, dilengkapi pompa air, bak penampng, dan venturi meter
- Perangkat ambang/pelimpah (lebar, bulat, dan setengah lingkaran)
- Meteran taraf
- Mistar pengukur jarak/posisi
- Gelas ukur (pengukur volume air)
- Stopwatch (pengukur waktu)

Metode Penelitian :

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa eksperimental, yang meliputi pengamatan/pengukuran aliran pada saluran kecil, seperti :

1. Debit aliran, melalui pengukuran volume air selang waktu tertentu.
2. Tinggi muka air sebelah hilir dan udik ambang/sekat.
3. Tinggi muka air diatas ambang/sekat.
4. Profil aliran air arah memanjang saluran

Pengamatan/pengukuran dilakukan pada 3(tiga) jenis ambang/pelimpah, yakni ambang dengan mercu lebar, ambang dengan mercu bulat dan ambang dengan mercu setengah lingkaran, masing-masing dengan 5(lima) variasi debit aliran.

Sedangkan untuk profil aliran selain dilakukan untuk 5(lima) debit aliran, juga untuk setiap ambang dengan variasi 5 perubahan tinggi muka air dibagian hilir ambang untuk menciptakan kondisi air loncat (L1, L3, L3), kondisi Transisi/peralihan (P1, P2), dan kondisi tenggelam (T1, T2, T3).

Parameter penelitian :

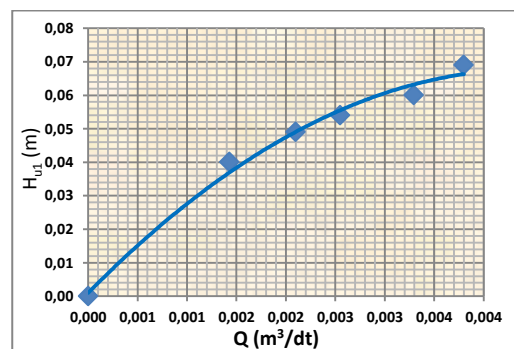
Adapun parameter-parameter yang dianalisa dalam penelitian ini terdiri dari :

- a. Debit aliran ($Q=m^3/dt$)
- b. Penampang saluran ($A=m^2$)
- c. Kecepatan aliran ($V=m/dt$)
- d. Tinggi muka air sebelah hulu ($h_{u1}=m$), dan hilir($h_{u2}=m$)
- e. Koefisien debit ($C=m^{1/2}/dt$)
- f. Bilangan Froude (F)

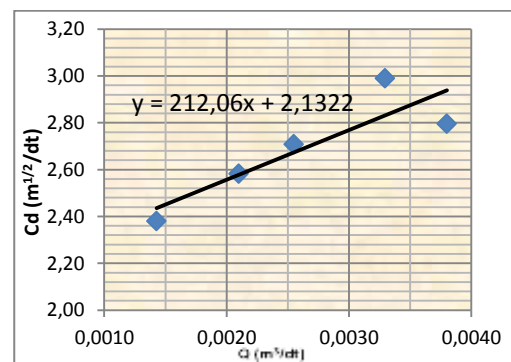
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menggambarkan hubungan antar parameter aliran yang menggambarkan hubungan pengaruh antar parameter debit, kedalaman aliran, kecepatan aliran, dan koefisien debit, serta hubungan pengaruh antara keda;laman aliran di sebelah hilir dan hulu ambang dengan variasi bentuk mercu ambang (lebar, bulat dan setengah lingkaran).

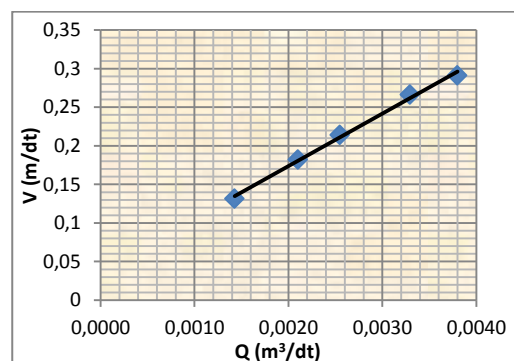
Hubungan antar parameter aliran melalui ambang mercu bulat



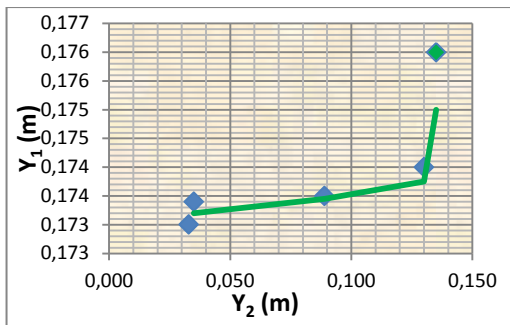
Gambar 3. Grafik hubungan debit aliran dan kedalaman air di hulu



Gambar 4. Grafik hubungan debit aliran dan koefisien debit aliran ambang bulat (Q vs H_{u1})

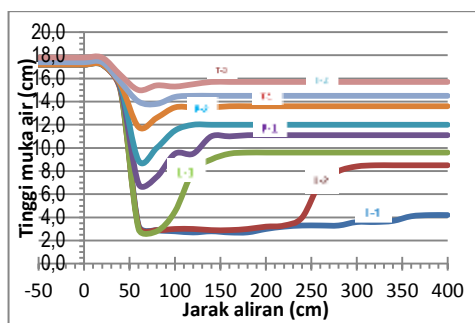


Gambar 5. Grafik hubungan debit dan kecepatan aliran melalui ambang mercu bulat (Q vs V)

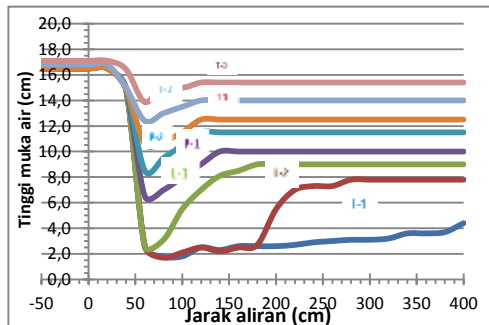


Gambar 6. Grafik hubungan tinggi air di hulu dan hilir ambang mercu bulat (H_{u2} vs H_{u1})

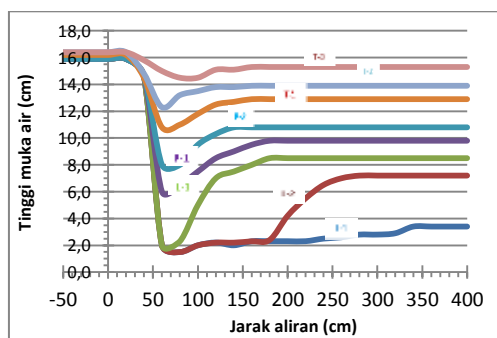
Profil Aliran arah memanjang melalui ambang dengan mercu bulat



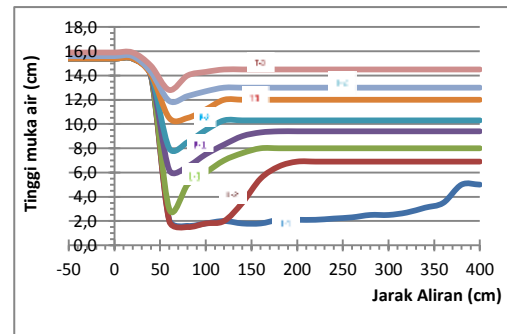
Gambar 7. Profil Aliran Air Melalui Ambang Mercu Bulat $Q = 0,0038 \text{ m}^3/\text{det}$



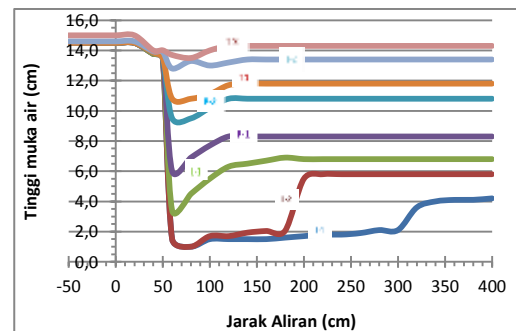
Gambar 8. Profil Aliran Air Melalui Ambang Mercu Bulat $Q = 0,0033 \text{ m}^3/\text{det}$



Gambar 9. Profil Aliran Air Melalui Ambang Mercu Bulat $Q = 0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$

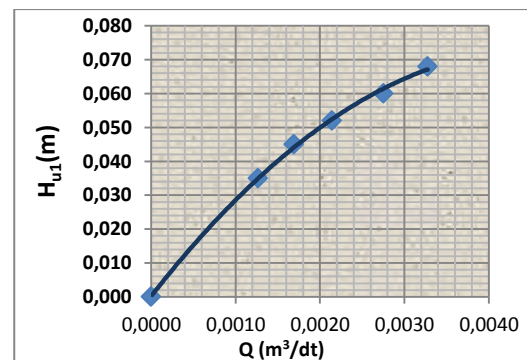


Gambar 10. Profil Aliran Air Melalui Ambang Mercu Bulat $Q = 0,0021 \text{ m}^3/\text{det}$

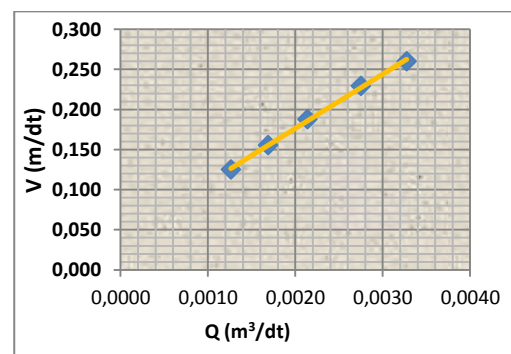


Gambar 11. Profil Aliran Air Melalui Ambang Mercu Bulat $Q = 0,0014 \text{ m}^3/\text{det}$

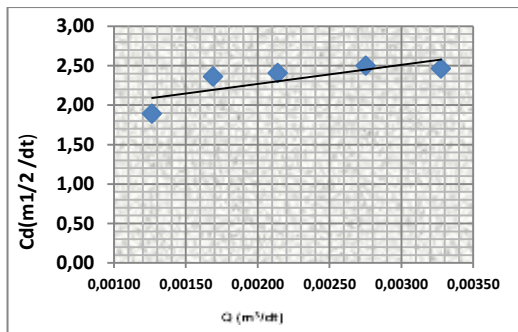
Hubungan antar parameter aliran melalui ambang dengan mercu setengah lingkaran



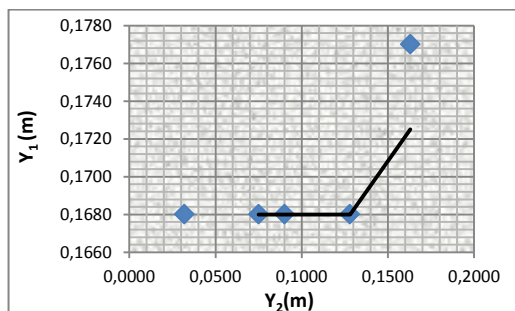
Gambar 12. Grafik hub. debit aliran & kedalaman air di hulu ambang mercu setengah lingkaran (Q vs V)



Gambar 13. Grafik hub. debit & kecepatan aliran mel. ambang mercu setengah lingkaran (Q vs V)

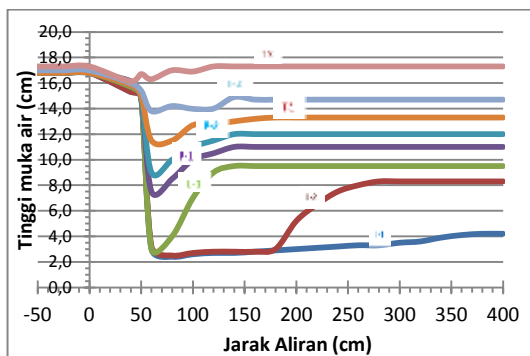


Gambar.14 Grafik hub. debit dan koef. debit aliran melalui ambang mercu setengah lingkaran (Q vs C_d)

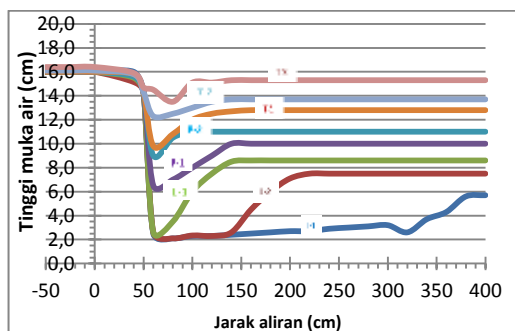


Gambar 15. Grafik hubungan tinggi air di hulu dan hilir ambang mercu setengah lingkaran (Y_2 vs Y_1)

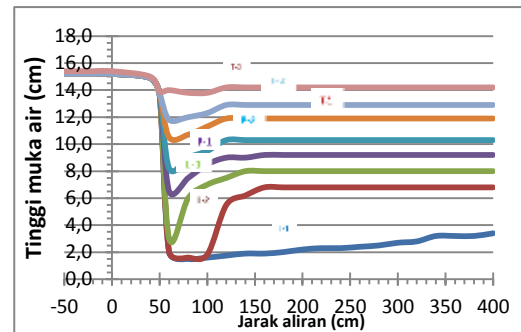
Profil Aliran Melalui Ambang Mercu Setengah Lingkaran



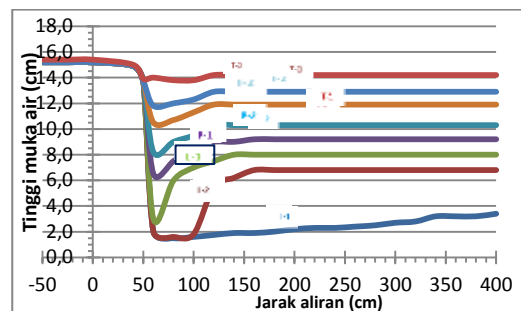
Gambar 16. Profil aliran air melalui ambang mercu setengah lingkaran



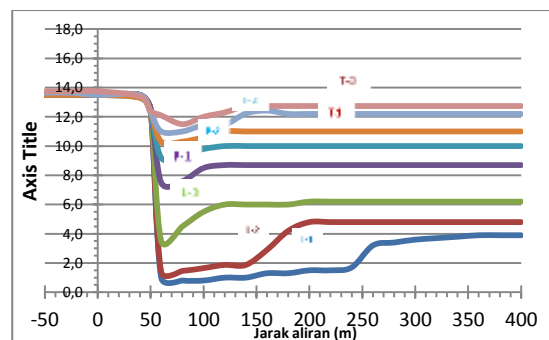
Gambar 17. Profil aliran air melalui ambang mercu setengah lingkaran debit $Q=0,0028 \text{ m}^3/\text{dt}$



Gambar 18. Profil aliran air melalui ambang mercu setengah lingkaran debit $Q=0,0021 \text{ m}^3/\text{dt}$



Gambar 19. Profil aliran air melalui ambang mercu setengah lingkaran debit $Q=0,0017 \text{ m}^3/\text{dt}$



Gambar 20. Profil aliran air melalui ambang mercu setengah lingkaran debit $Q=0,0013 \text{ m}^3/\text{dt}$

PEMBAHASAN HASIL

Analisa Karakteristik/Sifat Aliran

Dari hasil analisa parameter aliran terhadap bilangan Froude (F) bahwa sifat aliran air di atas ambang dan pada bagian hilir ambang adalah Super Kritis ($F > 1$) untuk kondisi air loncat, sedangkan aliran pada kondisi tenggelam menjadi sama dengan aliran sebelum ambang atau sebelah hulu yang bersifat subkritis ($F < 1$).

1. Pada ambang dengan mercu bulat, nilai bilangan Froude di sebelah hilir ambang untuk kondisi air loncat adalah berkisar antara: 2,0 s/d 3,4., sedangkan pada kondisi air tenggelam adalah berkisar antara: 0,13 s/d 0,34

2. Pada ambang dengan mercu setengah lingkaran, nilai bilangan Froude di sebelah hilir ambang untuk kondisi air loncat adalah berkisar antara: 1,5 s/d 2,9., sedangkan pada kondisi air tenggelam adalah berkisar antara: 0,14 s/d 0,25

Hubungan antar Parameter Aliran

1. Dari grafik hubungan Debit dan kedalaman air di hulu ambang dapat dipahami bahwa setiap penambahan debit aliran (Q) diikuti oleh kenaikan tinggi muka air dibagian hulu ambang
2. Hubungan antara parameter debit (Q) dengan kecepatan (V) adalah linier atau berbanding lurus. Terlihat pula bahwa setiap kenaikan debit aliran berakibat pada terjadinya kenaikan kecepatan aliran
3. Sifat aliran berupa hubungan linier antar parameter pula terjadi pada parameter debit (Q) dan koefisien debit (C_d), dimana variasi bentuk mercu relatif tidak berpengaruh
4. Pengaruh perubahan kedalaman air di sebelah hilir ambang terhadap kedalaman air di sebelah hulu ambang relatif tidak ada pada kondisi aliran Loncat dan peralihan. Pengaruh perubahan kedalaman terjadi saat kondisi aliran dimana ambang tenggelam

Profil Aliran Memanjang Saluran.

Dari gambar profil aliran memperlihatkan terjadinya perubahan karakteristik energi pada aliran yang melalui kedua model mercu ambang (bulat, dan setengah lingkaran). Posisi Loncatan air yang terjadi relatif sama untuk suatu debit tertentu pada masing-masing kondisi aliran (loncat, peralihan, tenggelam). Bentuk mercu ambang relative tidak memberi pengaruh pada posisi loncatan. Sebagaimana hasil pembahasan terlihat bahwa pengaruh perubahan tinggi muka air sebelah hilir ambang terhadap tinggi muka air sebelah hulu ambang terjadi pada saat kondisi air tenggelam.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan terhadap analisa karakteristik parameter aliran air (sebelum, dan sesudah ambang), dapat disimpulkan:

1. Sifat aliran air di atas ambang dan pada bagian hilir ambang adalah Super Kritis ($F > 1$) untuk kondisi air loncat, sedangkan aliran

pada kondisi tenggelam menjadi sama dengan aliran sebelum ambang atau bagian hulu yang bersifat subkritis ($F < 1$).

2. Besarnya bilangan Froude aliran pada ambang bulat mencapai angka terbesar rata-rata berkisar 2,0 s/d 3,4 lebih besar dibandingkan dengan type ambang setengah lingkaran yakni: 1,5 s/d 2,9.
3. Pada kondisi air tenggelam, maka besar bilangan Froude untuk type bulat yakni antara 0,13 s/d 0,34, sedangkan untuk type setengah lingkaran yakni sebesar: 0,14 s/d 0,25.
4. Setiap kenaikan debit aliran (Q) diikuti dengan kenaikan tinggi muka air sebelah hulu ambang dan kenaikan kecepatan aliran dan koefisien debit.
5. Perubahan tinggi muka air sebelah hilir ambang terhadap tinggi muka air sebelah hulu ambang relatif tidak terjadi, kecuali pada saat kondisi aliran mencapai kondisi tenggelam.

Saran

Penelitian lanjut pada bentuk pelimpah untuk bentuk dan ukuran bangunan prototype menjadi sangat penting, untuk lebih mengakomodir parameter langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Jain, A.K. 1976, *Fluid Mechanics. A Textbook for Engineering Students*. Khana Publisher. Dehli.
- Martodiputro, M., 1979. *Penyelidikan hidrolis bendung dengan model sistematik pada saluran kaca 2 dimensi*. Kerjasama Puslitbang Air Dep. PU dan Lapi ITB Bandung.
- Sukarno, dkk. 1992. *Koefisien dan respons aliran pada saluran terbuka ukuran kecil yang melalui pintu sorong dan ambang*. Laboratorium Hidraulik Fak. Teknik Unsrat.
- Sumarauw, J., dkk. 1993. *Visualisasi Aliran di atas ambang setengah lingkaran dan tajam*. Laboratorium Hidraulik Fak. Teknik Unsrat.
- Instruction Manual For Glass Side Tilting Flume S5. Armfield Technical Education CO.LTD., England.